



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
Departamento de Química

[V1] Comentário:

Título: Análises físico-químicas e microbiológicas da água bruta e tratada utilizada para abastecimento do município de Florianópolis.

Aluna: Sabrina Ghellere Pavei
Curso: Bacharelado em Química
Orientadora: Vilma Edite Fonseca Heinzen
Semestre: 01/2006

Florianópolis, agosto de 2006.



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
Departamento de Química

Título: Análises físico-químicas e microbiológicas da água bruta e tratada utilizada para abastecimento do município de Florianópolis.

Relatório final apresentado à disciplina 5510 Estágio Supervisionado, do Curso de Química, da Universidade Federal de Santa Catarina, semestre 2006/1, realizado na empresa: CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento, na área : Laboratório da ETA - Estação de Tratamento de Água, no período de 09/03/2006 a 09/08/2006, num total de 360 horas, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Química.

Professora Orientadora: Vilma Heinzen

Florianópolis, agosto de 2006.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	07
2 INTRODUÇÃO.....	08
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	09
4 OBJETIVOS.....	13
5 METODOLOGIA.....	14
5.1 TRATAMENTO DE ÁGUA.....	14
5.1.1 CAPTAÇÃO.....	14
5.1.2 COAGULAÇÃO.....	15
5.1.3 FILTRAÇÃO.....	16
5.1.4 FLUORAÇÃO.....	17
5.1.5 DESINFECÇÃO.....	18
5.1.6 CORREÇÃO DO pH.....	20
5.2 MÉTODOS EMPREGADOS.....	21
5.2.1 ANÁLISE VOLUMÉTRICA.....	21
5.2.2 ANÁLISE VOLUMÉTRICA DE NEUTRALIZAÇÃO.....	21
5.2.3 ANÁLISE VOLUMÉTRICA DE PRECIPITAÇÃO.....	21
5.2.4 TITULAÇÕES COMPLEXOMÉTRICAS.....	22
5.2.5 ESPECTROFOTOMETRIA.....	22
5.2.6 COLETA DA AMOSTRA.....	23
5.2.7 TEMPERATURA.....	25
5.2.8 COR.....	25
5.2.9 TURBIDEZ.....	25
5.2.10 pH.....	25
5.2.11 ALCALINIDADE.....	25
5.2.12 OXIGÊNIO CONSUMIDO.....	26
5.2.13 GÁS CARBÔNICO LIVRE.....	27
5.2.14 DUREZA.....	27
5.2.15 CLORETOS.....	27
5.2.16 CLORO RESIDUAL.....	28
5.2.17 OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	28

5.2.18 FERRO TOTAL.....	28
5.2.19 ALUMÍNIO RESIDUAL.....	29
5.2.20 FLÚOR.....	30
5.2.21 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
6.1 COLETA DA AMOSTRA.....	32
6.2 TEMPERATURA.....	32
6.3 COR.....	33
6.4 TURBIDEZ.....	34
6.5 pH.....	35
6.6 ALCALINIDADE.....	36
6.7 OXIGÊNIO CONSUMIDO.....	38
6.8 GÁS CARBÔNICO LIVRE.....	40
6.9 DUREZA.....	41
6.10 CLORETOS.....	43
6.11 CLORO RESIDUAL.....	45
6.12 OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	46
6.13 FERRO TOTAL.....	47
6.14 ALUMÍNIO RESIDUAL.....	48
6.15 FLÚOR.....	49
6.16 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	50
7 CONCLUSÃO.....	52
8 BIBLIOGRAFIA.....	53

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Relação de comprimentos de ondas (nm) com suas respectivas cores.

Tabela 2: Solução padrão de alumina.

[V2] Comentário: citar no texto

Tabela 3: Relação de modo geral do pH com alcalinidade total.

[V3] Comentário: citar no texto

Tabela 4: Média do mês de junho de 2006, da análise MICROBIOLÓGICA em 100 mL de amostra de água, feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CASAN – Companhia Catarinense de Água e Saneamento

OMS – Organização Mundial da Saúde

ETA – Estação de Tratamento de Água

NUT – Unidade de turbidez no sistema nefelométrico

uH – Unidade Hazen – padrão de platina – cobalto

Pt-Co – Cloroplatinato de cobalto

RESUMO

A água é uma das mais importantes necessidades para o homem. O homem primitivo sempre se estabelecia em locais próximos à água, pois não podia conduzi-la consigo. As sociedades primitivas, mesmo as nômades, sempre buscaram os rios e lagos para construir suas aldeias e os modernos aglomerados humanos buscaram e buscam os locais onde possam mais facilmente conseguir água, quer de superfície, quer subterrânea.

As impurezas contidas nas águas conferem às mesmas propriedades positivas ou negativas, que devem ser encaradas sob os aspectos físicos, químicos ou biológicos. As principais características físicas da água são: cor, turbidez, sabor, odor, e temperatura e as características químicas das águas são devidas à presença de substâncias dissolvidas, são determinadas por meio de análises químicas, seguindo métodos adequados e padronizados para cada substância. A ausência de coliformes totais e fecais é de fundamental importância para a potabilidade da água.

No Brasil, os padrões de potabilidade da água são estabelecidos pela Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

O **objetivo** desse trabalho foi analisar na ETA de Cubatão a qualidade das águas bruta e tratada da Lagoa do Peri, dos poços dos Ingleses e dos rios Pilões e Cubatão que abastecem a população de Florianópolis.

[V4] Comentário: foi

Os **resultados** obtidos das análises tanto físico-químicas, quanto microbiológicas da água, mostraram que as águas tratadas obedecem aos parâmetros estabelecidos pela legislação pertinente.

Como **conclusão** deste trabalho, comprovou-se a eficiência dos métodos de tratamento utilizados, e a importância dos ensaios analíticos e dos padrões de potabilidade da água para a saúde do ser humano.

1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento - sociedade de economia mista, foi criada em 31 de dezembro de 1970 através da Lei Estadual n.º 4.547 e constituída em 02 de julho de 1971 com o objetivo de coordenar o planejamento e executar, operar e explorar os serviços públicos de esgotos e abastecimento de água potável, bem como realizar obras de saneamento básico, em convênio com municípios do Estado.

Herdou do antigo Departamento Autônomo de Engenharia Sanitária - DAES, 11 (onze) sistemas de abastecimento de água e 2 (dois) sistemas de coleta de esgotos. Com performance destacada, principalmente, na busca da melhoria da qualidade de vida dos catarinenses, a CASAN atua por meio de convênios de concessão firmados com as prefeituras municipais.

Na atualidade, os serviços prestados pela empresa cobrem quase todo o Estado de Santa Catarina, que está dividido em três Superintendências Regionais de Negócios, a saber: Sul/Leste, Norte/Vale do Itajaí e Planalto/Oeste.

As ações desenvolvidas pela empresa, neste período contribuíram para a evolução da qualidade de vida da população de Santa Catarina, apresentando um quadro que evolui de maneira favorável e consolidada. Sua atuação é fator preponderante no desenvolvimento econômico e social em sua área de concessão. A empresa atende uma população de 2,4 milhões de habitantes com distribuição de água tratada e 256 mil com coleta, tratamento destino final de esgoto sanitário.¹

2 INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental para vida do ser humano, assim como o alimento e o ar. O crescimento populacional, de indústrias e da agricultura trouxeram graves danos ao meio ambiente, como a poluição dos recursos hídricos, do ar e a contaminação do solo com agrotóxicos.

[V5] Comentário: arrumar

Com o passar do tempo foram sendo desenvolvidas técnicas de captação, tratamento e distribuição da água para população. A água destinada ao consumo humano deve preencher condições mínimas para que possa ser ingerida ou utilizada para fins higiênicos.

Padrões de potabilidade são as quantidades limites que, com relação aos diversos elementos, podem ser toleradas nas águas de abastecimento.

O objetivo deste trabalho é analisar as características físico-químicas e microbiológicas das águas brutas e tratadas que abastecem a população de Florianópolis e fazer uma comparação dos resultados obtidos com a legislação pertinente estabelecida pelo Ministério da Saúde.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Historicamente é reconhecido que a maioria das grandes civilizações desenvolveu-se junto aos rios.

O Egito junto ao Nilo, a Babilônia, Assíria e Caldeia na região da Mesopotâmia ou “crescente fértil” entre os rios Tigres e Eufrates são apenas alguns exemplos que ilustram inegável influência desses cursos de água como agentes determinantes dos primeiros aglomerados humanos.²

Utilizados inicialmente com finalidades, como a navegação, irrigação de áreas para a agricultura, consumo de homens e animais, as águas de rios, lagos, fontes e posteriormente poços, passaram claramente a serem percebidas como fatores de saúde, higiene, conforto e bem estar dessas populações.²

As atenções quanto à necessidade de “purificação” das águas alteradas naqueles tempos por causas ligadas a eventos naturais determinantes de modificações quase sempre estéticas, levaram egípcios, dentre outros a utilizarem técnicas de decantação (sedimentação) e filtração para adequação dessas águas para a mais nobre dessas finalidades que é a do consumo humano.²

Ao longo dos séculos, à medida que as civilizações foram se desenvolvendo através de elaboração de ferramentas e tecnologias de complexidade crescente, foram sendo descobertos e identificados agentes químicos e biológicos (microbiológicos), evidenciando-se de maneira cada vez mais óbvia as inter-relações existentes entre a presença desses agentes e a saúde das populações.

Paralelamente a água passou a ser utilizada cada vez mais como recurso e bem natural tido como inesgotável, levando como consequência a processos degradativos decorrentes da geração de resíduos que comprometeram a qualidade dos mananciais, inviabilizando-os para a mais nobre das formas de utilização.²

Como resultado desse fato, a necessidade de tratamentos cada vez mais sofisticados impôs-se como fundamental para obtenção de água de qualidade.

A água salgada ocupa a maior porcentagem da crosta terrestre, 97,137%, enquanto a água doce disponível representa apenas 2,863% e apenas 0,8% é aproveitável para o consumo humano.³

Nas várias formas e locais em que ocorre, a água que tem uma característica dinâmica circula continuamente na natureza, o que contribui para que adquira ou perca impurezas.^{3,4}

O ciclo hidrológico da água começa pela sua evaporação dos oceanos, a água se precipita do céu como chuva ou neve, a maior parte caindo no mar. Retorna à atmosfera através da evaporação. Uma pequena parte da água que cai na terra é retida e absorvida pela vegetação ou outros organismos e a maior parte corre para o mar, seja como água de escoamento superficial ou como água subterrânea. Na direção inversa, o vapor d'água é levado por correntes atmosféricas do mar para a terra, e o ciclo se completa com novas precipitações.^{2,3,4,5}

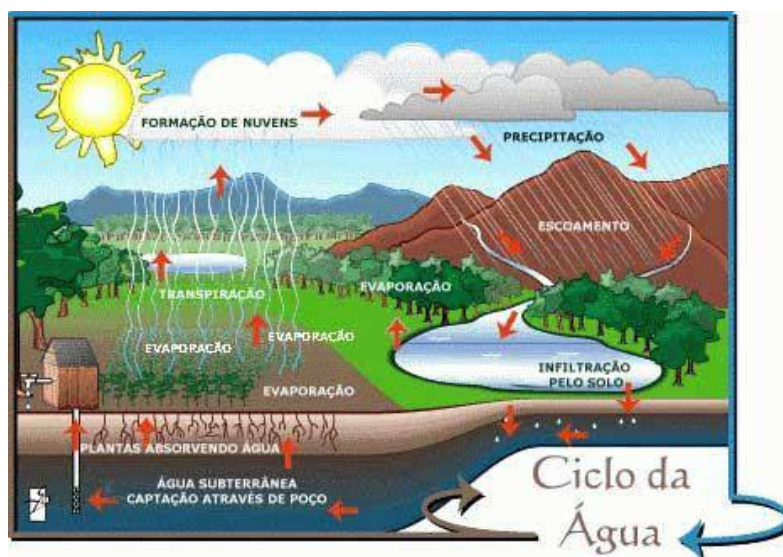


Figura 1: Fenômenos de circulação da água

A água apresenta uma importante propriedade que é de dissolver numerosas substâncias, sendo por esse motivo, chamada de solvente universal, devido à sua estrutura molecular dipolar. Nas águas naturais este poder de dissolução é muito aumentado pela presença de ácidos carbônicos, formados pelo gás carbônico dissolvido, e ácidos orgânicos, principalmente húmicos, produzidos pela atividade dos seres vivos ao nível do solo.⁶

As características físicas que envolvem praticamente aspectos de ordem estética e psicológica como a cor, a turbidez, o sabor, o odor e a temperatura. A presença de substâncias dissolvidas são características químicas e geralmente são avaliáveis por meios analíticos. Estas características envolvem o pH, a alcalinidade, a acidez, a dureza, o ferro e

o manganês, o nitrogênio, o fósforo, o oxigênio dissolvido, a matéria orgânica, os micropoluentes inorgânicos e orgânicos.^{3,4,7}

A determinação de doenças refere-se às características microbiológicas da água, e pode ser efetuada de forma indireta através dos organismos indicadores de contaminações fecais, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes.^{3,7}

As principais doenças de veiculação hídrica são a febre tifóide, disenteria, cólera, hepatite (vírus tipo A) e parasitoses (amebíases e verminoses em geral).^{3,4}

Na vida do homem a água tem um papel fundamental, e o fato de poder estar implicada como veículo de transmissão de doenças deve ser considerado em um programa de saneamento, este programa é definido pela OMS como sendo o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre seu bem estar físico, mental e social. A finalidade de um serviço de abastecimento de água em uma comunidade visa controlar e prevenir doenças, facilitar a limpeza pública, e proporcionar conforto e bem estar.²

A água pura é um conceito limite, cuja existência é considerada hipotética. A obtenção da água com elevado grau de pureza exige sofisticados equipamentos e técnicas de laboratório, pois, mesmo na destilação, há passagem de impurezas.⁷

As águas têm suas características constantemente alteradas pelos ambientes em que elas se encontram ou pelas atividades executadas pelo homem. Para tornar a água mais próxima possível da qualidade desejada faz-se uso de um processo chamado de Tratamento da Água, onde são acrescentadas as substâncias necessárias e/ou são diminuídas ou retiradas às substâncias indesejáveis.⁴

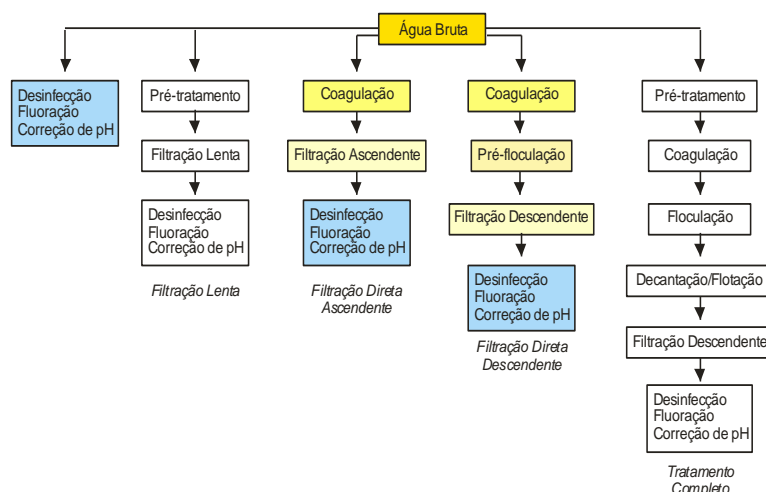


Figura 2: Métodos utilizados numa ETA

Para algumas águas subterrâneas apenas o método de desinfecção, fluoração e correção de pH são necessários, pois são consideradas águas com boas características de qualidade. A desinfecção, na maioria dos casos, visa proteger a água na reserva e distribuição, já que em geral, as águas de poços possuem boas características bacteriológicas. A correção do pH só é realizada em águas que naturalmente possuem valores fora dos estabelecidos.

- Para águas superficiais de rios e lagos os métodos utilizados dependem das características físico químicas da água bruta, geralmente são utilizadas a filtração direta ascendente e filtração direta descendente.

Uma Estação de Tratamento de Água (ETA) é composta de obras e equipamentos para captação, transporte e reservatórios para posteriormente ser distribuída para população.

Os padrões de qualidade da água são estabelecidos pela Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que fixa os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.⁸

4 OBJETIVOS:

- Analisar no laboratório da ETA de Cubatão a água bruta e tratada proveniente da Lagoa do Peri, dos poços dos Ingleses e dos rios Pilões e Cubatão, distribuída pela CASAN, que abastece a população de Florianópolis.
- Verificar as técnicas de análises e comparar os resultados obtidos com a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, estabelecida pelo Ministério da Saúde.

5 METODOLOGIA

A metodologia para análises de água está descrita no “Standard for the Examination of Water and Wasterwater” e a conclusão para a potabilidade, baseia-se nos parâmetros da Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, estabelecida pelo Ministério da Saúde.

5.1 TRATAMENTO DE AGUA

5.1.1 CAPTAÇÃO

O primeiro passo para o tratamento de água é a captação.

A ETA Cubatão capta água dos rios:

- Rio Cubatão (Figura 3), um rio que corta uma área habitada e uma zona de plantação.
- Rio Pilões, (Figura 4) um rio que corta uma área desabitada. Pode se tratar de uma água de boa qualidade.

Após a captação a água é bombeada para a ETA, onde receberá os demais tratamentos.⁴



Figura 3: Fotos do Rio Cubatão

[V6] Comentário: Citar a Figura com ordem de numeração correta em que aparece no texto.

[V7] Comentário:



Figura 4: Rio Pilões

[V8] Comentário: arrumar Fig 4

5.1.2 COAGULAÇÃO

A coagulação transporta as impurezas que se encontram em suspensões finas, em estado coloidal, dissolvidas em partículas que possam ser removidas pela decantação e filtração. Esses aglomerados gelatinosos se reúnem produzindo flocos (floculação).⁴

Os coagulantes possuem algumas propriedades, como:

- Reagir com os álcalis, produzindo hidróxidos gelatinosos que envolvem e absorvem impurezas.
- Produzir íons trivalentes de cargas elétricas positivas, que atraem e neutralizam as cargas elétricas dos colóides protegidos, que em geral são negativas. Mais própria para remoção de cor.

Alguns fatores podem influenciar na coagulação, como a espécie do coagulante, a quantidade de coagulante, teor e tipo da cor e turbidez, outras características químicas da água, pH, tempos de misturas rápida e lenta, temperatura e agitação.⁴

Um coagulante bastante utilizado é o Sulfato de alumínio: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, ele reage com a água diminuindo consideravelmente o pH da água bruta. A reação química do sulfato de alumínio com água é esta descrita abaixo.

[V9] Comentário: diminuindo



[V10] Comentário: citar numero equação

O dosador do coagulante utilizado na ETA de Cubatão é mostrado na figura 5.



Figura 5: Dosador de sulfato de alumínio líquido (coagulante)

5.1.3 FILTRAÇÃO

A filtração consiste em fazer a água passar através de substâncias porosas capazes de reter ou remover algumas de suas impurezas. Como meio poroso, emprega-se em geral a areia, o antracito, ou ambos sustentados por uma camada de seixo, sob as quais existe um sistema de drenos.⁴

Com passagem da água através de meio poroso, filtros (figura 6), verifica-se:

- Remoção de material em suspensão e substâncias coloidais;
- Redução de bactérias presentes;
- Alteração das características da água, inclusive químicas.



Figura 6: Filtros

[V11] Comentário: citar notexto

5.1.4 FLUORAÇÃO

A fluoração é um termo utilizado para a aplicação de produtos de flúor na água de abastecimento público, consistindo em uma simples adição, de maneira controlada.⁴

O flúor traz efeitos benéficos quando ingerido regularmente, especialmente em crianças, desde o nascimento até a formação dos dentes.

A aplicação do flúor na água pode ser feita a seco ou em solução, existindo aparelhos para ambos os casos. Os de dosagem a seco podem ser do tipo volumétricos ou gravimétricos, sendo que os primeiros geralmente são montados sobre uma balança.⁴

Tratando-se de instalações de pequeno porte pode-se dosar o produto em solução.⁴

Os produtos químicos bastante utilizados são:

- Fluossilicato de sódio é um pó cristalino usado em ETA de pequeno porte.
- Ácido fluossilícico, usado em ETA de grande porte.

Na ETA de Cubatão é adicionado ácido fluossilícico (Figura 7) no tratamento da água.



Figura 7: Tanque de ácido fluossilícico

[V12] Comentário: citar notexto

5.1.5 DESINFECÇÃO

A desinfecção é feita pelo cloro e por isso esse termo pode ser substituído por cloração. É a destruição de organismos capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis. Deve ser usada em uma ETA quer em caráter corretivo, quer em caráter preventivo.⁴

Os produtos bastante utilizados são:

- Cloro gasoso e hipoclorito de sódio (NaClO), que tem de 10% a 12% de cloro ativo.

A equação 2 descreve a reação do cloro gasoso na água e a equação 3 a reação do hipoclorito na água.



A dissociação do ácido hipocloroso esta descrita na equação 4.



[V13] Comentário: adicionar

[V14] Comentário: idem para os outros compostos

[V15] Comentário:

[V16] Comentário:

[V17] Comentário: numerar reação

[V18] Comentário: idem

[V19] Comentário: adicionar +

[V20] Comentário: adicionar – em ClO^- , na equação tbem

[V21] Comentário:

A constante de dissociação do ácido hipocloroso é apresentada na equação 5:

$$K = \frac{[H^+][ClO^-]}{[HClO]} \quad (5)$$

A desinfecção varia com a temperatura e mais ainda com o pH.

Para valores de pH abaixo de 5,0 o cloro será encontrado também na forma molecular.

$pH < 5,0 \rightarrow Cl_2$ (forma molecular)

$7,0 > pH > 5,0 \rightarrow HClO$ (ácido hipocloroso)

$pH > 7,5 \rightarrow ClO^-$ (íon hipoclorito)

O ácido hipocloroso é aproximadamente 80 vezes mais poderoso na desinfecção do que o íon hipoclorito.

Conclui-se, que o poder bactericida do cloro decresce à medida que o pH aumenta.

Podemos encontrar outras formas químicas na água, só que em menor quantidade.

O cloro disponível na forma de ácido hipocloroso ou na forma de íon hipoclorito é chamado, cloro residual livre.⁴

O produto químico utilizado na ETA de Cubatão é o cloro gasoso adicionado sob pressão com um dosador (Figura 8).



Figura 8: Dosador de cloro gasoso

5.1.6 CORREÇÃO DE pH

O tratamento da água com sulfato de alumínio, flúor e cloro, forma vários ácidos, fazendo o pH diminuir.

A correção do pH é um método preventivo da corrosão de encanamentos. Consiste na alcalinização da água para remover o gás carbônico livre e para provocar a formação de uma película de carbonato na superfície interna das canalizações. É também necessário que o pH da água tratada esteja dentro da faixa de 6,0 a 9,5, especificada pelo Ministério da Saúde.⁴

É usado como produto de elevação do pH, CaCO_3 (carbonato de cálcio) e Ca(OH)_2 (hidróxido de cálcio).

O produto químico utilizado na ETA de Cubatão é o hidróxido de cálcio (solução aquosa a 10%). O dosador do produto é mostrado na figura 9.



Figura 9: Dosador de hidróxido de cálcio

[V22] Comentário: idem

5.2 MÉTODOS EMPREGADOS

5.2.1 ANÁLISE VOLUMÉTRICA

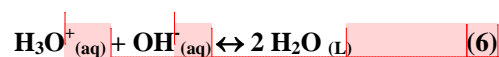
É a análise química quantitativa feita pela determinação do volume de uma solução, cuja concentração é conhecida com exatidão, necessário para reagir com um volume determinado da solução que contém a substância a ser analisada. A solução cuja concentração é conhecida com exatidão é chamada de solução padrão.⁹

O processo de introdução da solução padrão num meio reagente é conhecido por titulação, e pode ser gravimétrica, que mede a massa da solução padrão consumida e volumétrica que mede o volume da solução padrão consumido.¹⁰

O método volumétrico de análise, com reações do tipo oxidação-redução foi utilizado para determinar oxigênio consumido em amostras de água.

5.2.2 ANÁLISE VOLUMÉTRICA DE NEUTRALIZAÇÃO

A volumetria de neutralização ou volumetria ácido-base é um método de análise baseado na reação entre íons H_3O^+ e OH^- .



A primeira vista pode-se pensar que a reação entre quantidades equivalentes de um ácido e de uma base resultaria sempre em uma solução neutra. No entanto, isto não é sempre verdade, por causa dos fenômenos de hidrólise que acompanham as reações entre ácidos fortes e bases fracas ou vice versa.

A detecção do ponto final na volumetria pode se tornar difícil devido a efeitos tamponantes gerados no meio reagente podendo prejudicar a ação dos indicadores.¹⁰

A análise volumétrica foi utilizada para determinar a alcalinidade e o gás carbônico livre de uma amostra de água.

5.2.3 ANÁLISE VOLUMÉTRICA DE PRECIPITAÇÃO

É um método baseado na formação de um composto pouco solúvel. Essas titulações são usadas principalmente para a determinação de haletos e de alguns íons metálicos. Para

[V23] Comentário:

[V24] Comentário:

[V25] Comentário:

[V26] Comentário: adicionar

que uma reação de precipitação possa ser usada, é preciso que ela se processe em tempo relativamente curto e que o composto formado seja suficientemente insolúvel.¹⁰

A análise volumétrica de precipitação foi utilizada para determinação de cloreto em amostras de água.

5.2.4 TITULAÇÕES COMPLEXOMÉTRICAS

Formação de complexos estáveis por muitos íons metálicos, estáveis, solúveis em água, com um grande número de aminas terciárias contendo grupos carboxílicos.¹⁰

[V27] Comentário: corrigir

A titulação complexométrica foi utilizada para determinação da dureza em amostras de água.

5.2.5 ESPECTROFOTOMETRIA

É usada uma fonte de radiação que permite estender o trabalho à região do ultravioleta do espectro, escolhendo comprimentos de onda definidos (tabela1). O instrumento utilizado chama-se **espectrofotômetro**, compreende na realidade um **espectrômetro** e um **fotômetro**. Quando combinados, são empregados em conjunção para produzir um sinal que corresponde à diferença entre a radiação transmitida de um material de referência e aquela que é transmitida de uma amostra, nos comprimentos de onda selecionados.¹¹

Tabela 1: Relação de comprimentos de ondas (nm) com suas respectivas cores.

Cor	Comprimento de onda (nm)
violeta	390 - 455
azul	455 - 492
verde	492 - 577
amarelo	577 - 597
laranja	597 - 622
vermelho	622 - 780

A espectrofotometria foi utilizada para determinação de ferro e flúor em amostras de água.

5.2.6 COLETA DA AMOSTRA

A coleta da água foi feita utilizando frascos bem limpos, previamente lavados com água comum, sabão, ácido clorídrico, solução de sulfo crômica ou soda e posteriormente lavados com água destilada. Antes da coleta estes frascos foram enxaguados com a própria água, dispensando-se essa técnica quando se trata de coleta da amostra para bacteriologia, oxigênio dissolvido e gás carbônico. Os frascos utilizados para bacteriologia são de plásticos autoclavável, não tóxico com capacidade mínima de 125mL, boca larga e tampa à prova de vazamento. Na bacteriologia para as amostras de água tratada deve-se adicionar ao frasco de coleta, antes de sua esterilização, 0,1mL de solução a 1,8% de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) para cada 100mL da amostra, para neutralizar a ação do cloro residual.

[V28] Comentário: corrigir

Os pontos de coleta das amostras de água estão destacados no mapa do município de Florianópolis (Figura 10).

- **Rede de distribuição 1:** Rodovia 405 Trevo Armação, Rua José Patrocínio e Rua João Becker 682.
- **Rede de distribuição 2:** Rua Bernardino J. Damázio 42, Cavalete Hospital Celso Ramos e Rua Geral Vargem Pequena.
- **Rede de distribuição 3:** Rua Altamiro B. Dutra, Rua Deputado Edu Vieira e Avenida dos Búzios.



Figura 10: Mapa de Florianópolis.

5.2.7 TEMPERATURA

- Do ar: Observou-se usando um termômetro de mercúrio com escala variando de 10°C a 60°C, expondo-o ao ar próximo àquele da coleta, esperou-se um minuto e fez-se a leitura.
- Da água: Mergulhou-se o mesmo termômetro, esperando um minuto para a leitura.

5.2.8 COR

O método de determinação constituiu-se na comparação visual das amostras de água com padrões permanentes de cor, os discos.

5.2.9 TURBIDEZ

A turbidez da água foi determinada através de um turbidímetro da marca *Hach 2100P*. Foram adicionados 20mL da amostra de água numa cubeta, passado um raio de luz através desta amostra e assim feita a leitura.

[V29] Comentário:

5.2.10 pH

Para medidas de pH foi utilizado o aparelho da marca *Orion 310*, inicialmente calibrado com uma solução de pH 7 e posteriormente com uma solução de pH 4. As medidas de cada amostra de água foram feitas após calibrar o aparelho.

5.2.11 ALCALINIDADE

- TOTAL: Em um frasco erlenmeyer de 250 mL foram adicionados 100 mL da amostra de água com 5 gotas de alaranjado de metila, a amostra foi titulada com ácido sulfúrico 0,02 N até atingir ponto de equivalência, onde a concentração de H^+ se iguala a concentração de OH^- , encontrado entre pH 4,6 – 4,4 e também mudança da coloração da solução com a de um tom amarelo para levemente alaranjado.

[V30] Comentário:

Anotou-se o volume do ácido gasto na titulação. Esta técnica foi feita uma vez para cada amostra. Em amostras com teor elevado de cloro foi adicionado na solução 2 gotas de tiosulfato de sódio 1,8%, para eliminação do cloro.

O cálculo para determinação da alcalinidade **total** esta descrito na equação abaixo:

$$\text{mL do H}_2\text{SO}_4 \text{ 0,02N gastos} \times 10 = \text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ (7)}$$

[V31] Comentário: numerar a equação na sequência correta

- FENOLFTALEÍNA: Em um frasco erlenmeyer de 250 mL foram adicionados 100 mL da amostra de água com 5 gotas do indicador fenolftaleína, a amostra foi titulada com ácido sulfúrico 0,02 N até atingir ponto de equivalência, encontrado entre pH 8,3 – 10,0 e também com a mudança da coloração da solução de rosa para incolor.

[V32] Comentário: ?

O cálculo para determinação da alcalinidade a **fenolftaleína** esta descrito na equação abaixo:

$$\text{mL do H}_2\text{SO}_4 \text{ 0,02N gastos} \times 10 = \text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ (8)}$$

[V33] Comentário: idem

5.2.12 OXIGÊNIO CONSUMIDO

Em um frasco erlenmeyer de 250 mL foram adicionados 100 mL da amostra de água com 5 mL de ácido sulfúrico 1:3 e 10 mL de permanganato de potássio 0,0125 N, a solução após homogeneização tornou-se violeta. A amostra foi aquecida e logo que iniciou a fervura deixou-se a ebulição lenta durante 10 minutos. Ainda quente foram adicionados 10 mL de oxalato de amônia 0,0125 N, agitando a solução obteve-se coloração incolor. Em seguida titulou-se essa solução com permanganato de potássio 0,0125 N até o aparecimento de um leve tom róseo persistente indicando o fim da titulação. Anotou-se o volume do permanganato gasto. Esta titulação foi feita uma vez para cada amostra de água.

5.2.13 GÁS CARBÔNICO LIVRE

Em um frasco erlenmeyer de 250 mL foram adicionados 100 mL da amostra de água com 5 gotas de fenolftaleína e posteriormente titulou-se essa solução com hidróxido de sódio 0,02 N até o aparecimento da cor rósea persistente. A concentração de gás carbônico livre foi determinada pelo **cálculo** descrito na equação abaixo:

[V34] Comentário: idem

$$\text{mg.L}^{-1} \text{CO}_2 = \text{mL Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \quad (9)$$

Quando foi encontrada grande quantidade de CO_2 dissolvido, dilui-se a amostra com água destilada livre de CO_2 .

5.2.14 DUREZA TOTAL

Em um frasco erlenmeyer de 250 mL foram adicionados 100 mL da amostra de água, 2 mL de uma solução Tampão de amônio e 0,1 – 0,2 g de indicador negro de eriocromo T. Titulou-se a solução com EDTA 0,01N até o desaparecimento da cor vermelho vinho e o aparecimento da cor azul. Anotou-se o volume de EDTA gasto na titulação e foi determinada a dureza total com o **cálculo** descrito na equação abaixo:

[V35] Comentário: idem

$$\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3 = (\text{mg EDTA gasto} \times 1000) / \text{mL da amostra} \quad (10)$$

5.2.15 CLORETOS

Em um frasco erlenmeyer de 250mL foram adicionados 100mL da amostra de água com 1 mL do indicador cromato de potássio, a seguir titulou-se esta solução com nitrato de prata 0,014 N até o aparecimento de um leve tom vermelho tijolo. Anotou-se o volume de nitrato de prata gasto na titulação. Os cloretos foram determinados pelo **cálculo** descrito na equação abaixo:

[V36] Comentário: idem

$$\text{mg.L}^{-1} \text{Cl} = [(\text{mL AgNO}_3 \times \text{N AgNO}_3) / \text{mL da amostra}] \times 35,45 \times 1000 \quad (11)$$

5.2.16 CLORO RESIDUAL

Em um pequeno tubo de ensaio foram adicionados 10mL da amostra de água com 3 gotas de ortotolidina, após homogeneização fez-se a leitura visual da solução com padrões permanentes de cor, os discos.

5.2.17 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Encheu-se completamente o frasco da amostra de água e foram adicionados abaixo da superfície do líquido 2 mL da solução de sulfato manganoso, logo a seguir 2 mL de azido de sódio, fechou-se o frasco com cuidado evitando a oclusão de bolhas de ar e agitou-se invertendo várias vezes o frasco. Esperaram-se os precipitados sedimentares, removendo-se a rolha adicionou-se 2mL de ácido sulfúrico concentrado, os frascos foram tampados e agitados novamente até completa dissolução do precipitado. Foi retirado e colocado em um frasco erlenmeyer e titulado com solução tiosulfato de sódio 0,025 N, até um leve tom amarelado. Foi adicionado então 1mL de amido 1% e continuou a titulação até completo descoramento. Foi anotado o volume de tiosulfato gasto na titulação. O cálculo utilizado para determinação de oxigênio dissolvido esta descrita na equação abaixo:

$$\text{mg.L}^{-1} \text{ O}_2 = \text{mL tiosulfato de sódio } 0,025 \text{ N } \quad (12)$$

5.2.18 FERRO TOTAL

O espectrofotômetro UV-Vs da marca Hach DR/2010 foi utilizado para a análise de ferro, no comprimento de onda de 510 nm. Foram adicionados em duas cubetas 10mL da amostra de água. Uma das cubetas será o branco. Na outra foi adicionado 0,100 g do reagente “FerroVer” (45,50 – 50,0 % de tiosulfato de sódio, 1,0 – 5,0 % do sal do ácido, 1,10 fenantrolina – p-toluenosulfônico, 15,0 – 25,0 % de hidrossulfito de sódio, 1,0 – 10 % de citrato de sódio e 20,0 – 30,0 % de metabissulfito de sódio). A mistura foi agitada até completa dissolução do reagente.

Se o ferro estiver presente na amostra, se formará uma coloração alaranjada. A mistura foi deixada reagir por 3 minutos e então foi lido a concentração de ferro total em mg.L^{-1} e foi feita apenas uma leitura para cada amostra.

5.2.19 ALUMÍNIO RESIDUAL

- Foram adicionados em cada tubo de *Nessler* de 50 ml, volume de solução padrão de alumina (Tabela 2), que equivalem as quantidades de alumínio em ppm, para comparação, e completou-se o volume para 50ml com água destilada.

Tabela 2: Solução padrão de alumina.

Concentração de alumina (mg)	Solução padrão (mL)
0,05	0,2
0,10	0,4
0,15	0,6
0,20	0,8
0,25	1,0
0,30	1,2
0,35	1,4
0,40	1,6
0,50	2,0
0,80	3,2

[V37] Comentário: citar no texto

- Juntaram-se 1 ml de hematoxilina 0,1% e 1 ml de solução de carbonato de amônia [$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$] 10% em cada tubo.
- Foram colocados 50 ml de amostra em um tubo de *Nessler*, repetindo os reagentes citados acima, aguardando 10 minutos.
- Em cada tubo foram adicionados 1mL da solução de ácido acético 30% e agitou-se.
- A cor formada foi comparada com os padrões, olhando por cima dos tubos.

5.2.20 FLÚOR

A concentração de fluoreto foi determinada através de um espectrofotômetro UV-Vs da marca *Hach DR/2010*.

Foram adicionados 10 mL da amostra de água em uma cubeta e em outra 10 mL de água destilada (branco). Em seguida em cada uma das cubetas foi adicionado 2 mL do reagente “SPADNS” (0,01- 0,1 % de arsenito de sódio, 30 – 40 % de HCl, 60 – 70 % de água e outros < 0,1 %). Na cubeta com a amostra de água também foi adicionado 1 gota de tiosulfato de sódio 1,8 % para a eliminação do cloro. Após a homogeneização as misturas foram deixadas reagir por um minuto, após foi feita a leitura da concentração de fluoreto na amostra. Neste teste tomou-se o cuidado de verificar se a temperatura da amostra foi a mesma temperatura da água destilada.

5.2.21 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os organismos coliformes são definidos como bacilos Gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, que fermentam lactose com produção de ácido e gás em 24-48 horas a 35°C.

A técnica utilizada para identificação de Coliformes Totais e Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*) foi o teste com **substrato cromogênico** (COLILERT). Foi adicionado em 100mL da amostra de água uma certa quantidade de substrato, na forma de pó, com posterior incubação a 35° em estufa, por 24 horas.

Para coliformes totais, o ONPG (orto nitrofenil β -D galactopiranosídeo), que atua como um sistema nutriente-indicador, é usado para detectar a enzima β -D galactosidase, que é produzida para todos os coliformes. Essa enzima hidrolisa a molécula de ONPG liberando uma substância cromogênica amarela, sendo essa coloração a indicação de um resultado positivo para coliformes totais em 24-28 horas. Este procedimento foi usado também para a detecção simultânea de coliformes fecais (*Escherichia Coli*), para tanto incorporou-se na composição do meio o substrato MUG(4-methylumbelliferyl β -D glucuronide), o qual é hidrolisado pela *Escherichia Coli* através de sua enzima glucuronidase, sendo liberado o 4-methylumbelliferone que, quando exposto à luz ultravioleta (366 nm), apresenta fluorescência difusível de cor azul brilhante.

Para contagem de unidades formadoras de colônias de bactérias heterotrófica, foi adicionado para analisar água tratada 1 mL e para água bruta 0,1mL da amostra em placas

de Petri com posterior adição de 10 mL do meio de cultura **ágar triptose glicose extrato de levedura**. Após, incubação a 35° em estufa, por 48 horas, é feita a contagem das unidades formadora de colônias de bactérias.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico químicas de lagoa, poços e rios estão mostrados nos gráficos que representam a média de doze análises para água dos Rios Pilões e Cubatão e de quatro análises para água da Lagoa do Peri e Poços dos Ingleses feitas na ETA de Cubatão no mês de junho de 2006, onde Rede 1, Rede 2 e Rede 3 representam início, meio e fim da rede de distribuição.

6.1 COLETA DA AMOSTRA

É de fundamental importância para um tratamento de água que seja feita uma coleta com materiais bem limpos e desinfetados.

A coleta de água bruta da Lagoa do Peri e dos Ingleses é feita uma vez por mês pelos funcionários da ETA de Cubatão, para ser feita à análise completa, pois nestes locais tem uma pequena ETA, onde os operadores fazem as análises de rotina, como pH, cor, turbidez, cloro e flúor para a água tratada.

A água dos rios Pilões e Cubatão são coletadas três vezes por semana, sendo feitas às análises de pH, cor, turbidez, oxigênio consumido, oxigênio dissolvido, flúor, cloro, gás carbônico livre e alcalinidade total, as demais análises são feitas uma vez a cada seis meses.

O limite obedecido no espaço de tempo transcorrido entre a coleta e as análises obedeceram às regras de 72 horas para águas não poluídas, 48 horas para águas razoavelmente poluídas e 12 horas para águas poluídas, determinados pela Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, estabelecida pelo Ministério da Saúde.

6.2 TEMPERATURA

A temperatura se relaciona com a ionização dos compostos, solubilidade, pH, CO_2 , alcalinidade e atua no comportamento dos coagulantes, já que as propriedades destes é de fornecer íons positivos multivalentes.

A melhor coagulação com sulfato de alumínio, diz-se à temperatura de 25 °C. Com temperatura mais baixa, tem-se que usar uma maior quantidade de coagulante para o mesmo efeito, causando uma despesa maior.

As águas de abastecimento têm temperatura entre 15 e 25 °C. Geralmente são desagradáveis ao paladar em temperaturas acima de 27 °C.

6.3 COR

A cor de uma água resulta da presença de substâncias coradas dissolvidas. Quando separada a turbidez da cor de uma água, esta é classificada como “cor verdadeira”, isto é, a cor devida somente às substâncias dissolvidas, já quando analisamos a cor junto com a turbidez de uma água, chamamos de “cor aparente”, determinada sem separação do material em suspensão. Como a turbidez interfere na cor, deve ser removida, sempre que possível, por centrifugação. ⁴

A água colorida é de aspecto desagradável, sendo indesejável ao abastecimento público, além de poder causar alguns prejuízos econômicos, como manchas em tecidos e aparelhos sanitários. Ela exerce influência na escolha do tipo de tratamento a que deve ser submetida a água e sua variação obriga a alterar a dosagem dos produtos químicos usados.

A unidade de cor é aquela produzida por 1mg L⁻¹ de platina em 1 L de água, na forma de cloroplatinato de cobalto.

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 recomenda que a cor da água tratada deve ser no máximo 15uH, ou seja, 15 mg Pt-Co L⁻¹.

Os resultados das análises de água, descritos na figura 10, nos mostram que a água do rio Pilões e Cubatão e da Lagoa do Peri são águas superficiais sujeitas a ter cor, diferente da água dos poços dos Ingleses, que são águas subterrâneas de boas características físico químicas e microbiológicas. A cor da água bruta da Lagoa do Peri sofre influência de algas, processos de decomposição de materiais orgânicos e a combinação destes materiais com Ferro e Manganês. A água bruta dos rios Pilões e Cubatão podem ter cor devido à decomposição de matéria orgânica, esgoto doméstico, agricultura e também de íons metálicos como Ferro e Manganês na sua forma oxidada.

Após a adição do coagulante sulfato de alumínio na água bruta da Lagoa do Peri e água bruta dos rios Pilões e Cubatão observamos uma melhora na coloração da água (figura 11). Comparando os valores da cor da água tratada na saída do reservatório e na

rede de distribuição, nota-se uma diferença, a qual pode ser explicada pelo acúmulo de resíduos depositados nas tubulações.

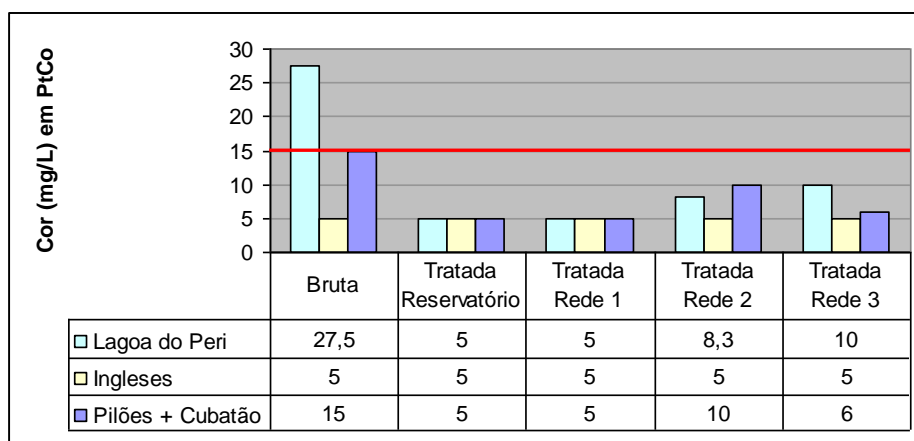


Figura 11: Média do mês de junho de 2006, das análises de COR (mg/L) em PtCo feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.4 TURBIDEZ

Diz-se que uma água é turva quando ela contém substâncias visíveis em suspensão, que perturbam a sua transparência. É mais comum uma água corrente ser turva, devido ao carregamento de areia e argila.⁴

As matérias em suspensão encontradas em uma água são: sílica, argila, matéria orgânica finamente dividida e microorganismos. A turbidez se define como a medida da interferência à passagem da luz, provocada pelas matérias em suspensão.

O método Nefelométrico funciona com uma fotocélula que mede a quantidade de luz que emerge perpendicularmente de um feixe luminoso que passa pela amostra, consequentemente a turbidez depende da granulometria e da concentração das partículas. Partículas grandes, mesmo quando em concentração elevada, acusam pequena turbidez, enquanto partículas menores acusam maior turbidez.⁴

Se Expressa a turbidez em mg L^{-1} de SiO_2 , sendo a unidade padrão de turbidez, aquela produzida por uma amostra, onde 1L de água destilada contém em suspensão 1mg de sílica, (SiO_2)

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 recomenda que a turbidez da água tratada seja inferior a 5 mgL⁻¹.

As análises de turbidez descritas na figura 12 mostram diferentes valores para cada tipo de água. A turbidez das águas brutas são influenciadas por alguns materiais em suspensão, porém na Lagoa do Peri as algas também influenciam. No tratamento das águas brutas foi adicionado hidróxido de cálcio para elevar o pH, esta adição também altera a turbidez de uma água. Os diferentes valores entre a saída do reservatório e a rede de distribuição podem ser causados pelo acúmulo de sedimentos na rede de distribuição, devido a Turbidez residual presente na água tratada e/ou entrada externa de impurezas quando do rompimento da referida rede de distribuição.

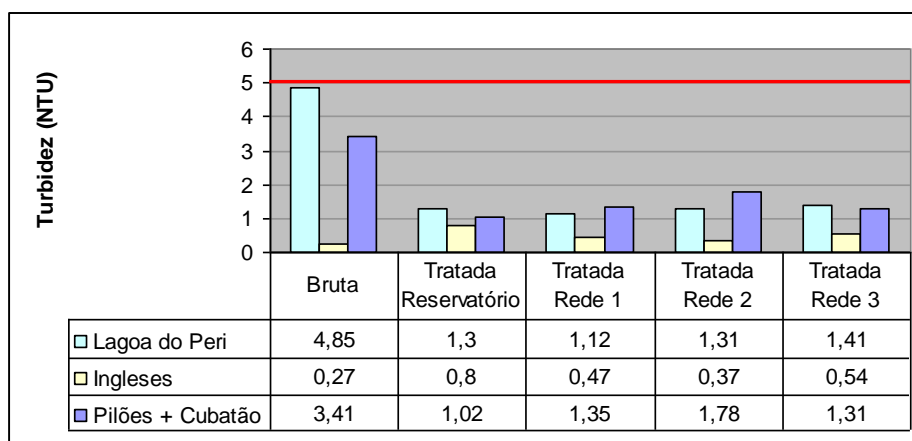


Figura 12: Média do mês de junho de 2006, das análises de TURBIDEZ (NTU) feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.5 pH

O pH pode ser considerado como um fator de medida de intensidade de condições ácidas, neutras e básicas. A faixa de pH é de 0 a 14, condições ácidas pH <7, condições neutras pH= 7 e condições básicas pH>7. ⁴

A sua medida é de grande interesse, em plantas de tratamento de água, para controle de coagulação, desinfecção e corrosão, tendo finalidade de reduzir o nível de microorganismos.

O pH é determinado com frequência no processo de tratamento de água, uma vez que existe um pH “ótimo” de coagulação ($5,7 < \text{pH} < 8,0$), na qual se obtém o melhor tipo de floco.⁴

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 recomenda que o pH da água tratada deve estar na faixa de 6,00 a 9,50.

As análises de pH demonstradas na figura 13 variam de 4,81 até 7,56. Nos poços dos Ingleses o resultado foi um pH moderadamente ácido, devido à presença de CO_2 dissolvido. Após tratamento da água bruta com hidróxido de cálcio vemos uma elevação do pH. Os diferentes valores na rede de distribuição estão relacionados com os horários de saída da água do reservatório, pois ao coletarmos a amostra, a água que se encontra na rede de distribuição pode não ser a mesma água que foi coletada na saída do reservatório, isso depende do consumo da região onde foi feita a coleta.

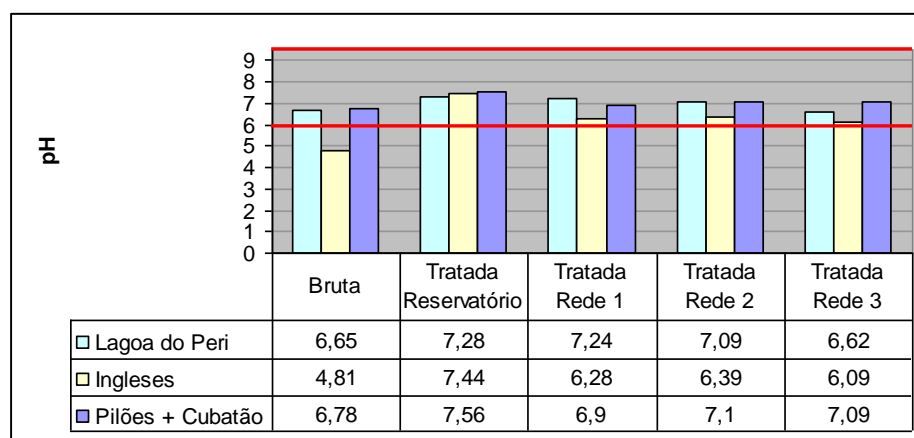
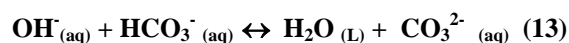


Figura 13: Média do mês de junho de 2006, das análises de pH feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.6 ALCALINIDADE

Chamamos de alcalinidade a capacidade de uma água em consumir ácido, a qual é devida a presença principalmente de bicarbonato, formado pela ação do dióxido de carbono sobre os minerais do solo, pelos carbonatos e hidróxidos. Ainda dão alcalinidade, os bromatos, silicatos e fosfatos.⁴

Os tipos de alcalinidade possíveis de serem encontrados em uma água natural são: alcalinidade a hidróxido (OH^-), a carbonato (CO_3^{2-}) e a bicarbonato (HCO_3^-). Sendo que, dois tipos podem estar presentes simultaneamente em uma amostra, devido ao equilíbrio químico, segundo a equação (13).



A relação entre pH e alcalinidade total esta descrita na tabela 3.

Tabela 3 : Relação de modo geral do pH com alcalinidade total.⁷

Faixa de pH	Alcalinidade
12,3 - 9,4	Hidróxidos e Carbonatos
9,4 – 8,3	Carbonatos e Bicarbonatos
8,3 – 4,4	Apenas Bicarbonatos

[V38] Comentário: citar no texto

A necessidade de determinação da alcalinidade, no caso de controle de tratamento, reside: ⁴

- No controle da água tratada, que não pode ser cáustica (sem hidróxidos, pH=12,0).
- No controle da água “in-natura”, pois a alcalinidade também participa do processo de coagulação.
- O gás carbônico livre (CO_2) deve ser nulo na água tratada, para não torná-la corrosiva, danificando a canalização.

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 recomenda que o valor máximo de alcalinidade da água tratada seja de 250 mg L^{-1} de CaCO_3 .

As análises de alcalinidades demonstradas na figura 14 indicam que a água bruta proveniente dos rios Pilões e Cubatão e da Lagoa do Peri possuem alcalinidade devido à presença de bicarbonatos. Os poços dos Ingleses têm alcalinidade bastante baixa, devido à presença de bicarbonatos, além de ácido carbônico. Com a adição de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) para elevar o pH, conseqüentemente elevamos a concentração de íons OH^- na água, aumentando a sua alcalinidade. Os diferentes valores mostrados na rede de distribuição estão relacionados com os horários de saída da água do reservatório.

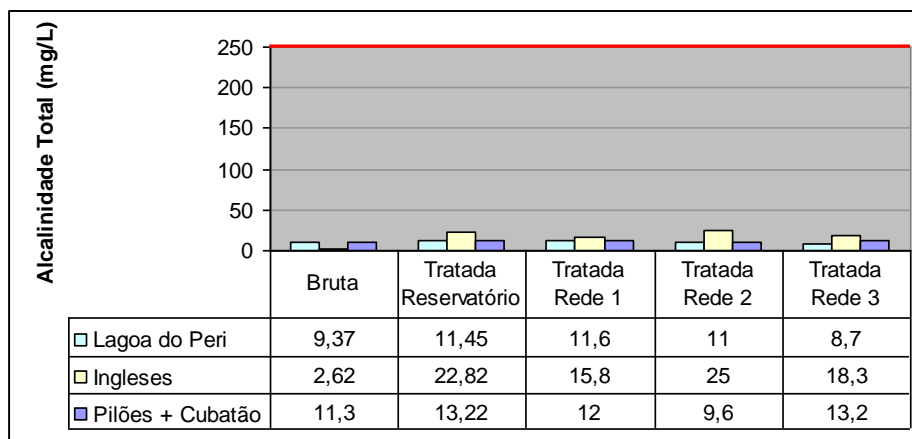


Figura 14: Média do mês de junho de 2006, das análises da ALCALINIDADE TOTAL (mg/L) em CaCO_3 , feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.7 OXIGÊNIO CONSUMIDO

A medida de matéria orgânica, oxigênio consumido, é baseada na oxidação da matéria orgânica pelo oxigênio ativo liberado quando se aquece permanganato de potássio (KMnO_4) em presença de um ácido forte (H_2SO_4), descrita nas equações abaixo:



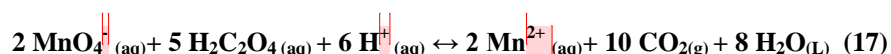
[V39] Comentário: numerar equação e adicionar fase em que se encontram os constituintes: aquosa, gas. Fazer o mesmo com as outras equações

O permanganato é adicionado em excesso, e na presença de calor, oxida o material redutor da amostra, no caso só a matéria orgânica carbonatada foi oxidada, porém não na sua totalidade, a matéria nitrogenada não é atacada. Como matéria orgânica se inclui a matéria animal e as plantas, são grande variedades de compostos, em quantidades variáveis e diminutas, o que se dificulta seu isolamento. O teste não diferencia matéria orgânica estável de matéria orgânica instável. Após aquecimento, deverá haver permanganato de potássio remanescente, que é a garantia de que todo o material redutor foi oxidado, então se adiciona uma solução redutora, o oxalato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4]$, em quantidade

estequiométrica ao permanganato adicionado previamente. Ocorrerá um excesso de oxalato, equivalente ao permanganato que tinha sido consumido pelas substâncias oxidáveis contidas na amostra.⁴

Este excesso será titulado com permanganato, sendo que o volume gasto na titulação é equivalente ao material redutor presente na amostra.

Segue abaixo a equação referente à reação do íon permanganato com o íon oxalato em meio ácido.



[V40] Comentário:

[V41] Comentário:

[V42] Comentário: arrumar

As análises descritas na figura 15 mostram como a quantidade de oxigênio consumido difere bastante de acordo com o tipo de água. Nas águas dos poços dos Ingleses, como o tratamento é apenas desinfecção, fluoreação e correção de pH, os valores da água bruta e da tratada não mudaram, porém a alta concentração de oxigênio consumido é explicada pela presença de algas nas águas da Lagoa do Peri.

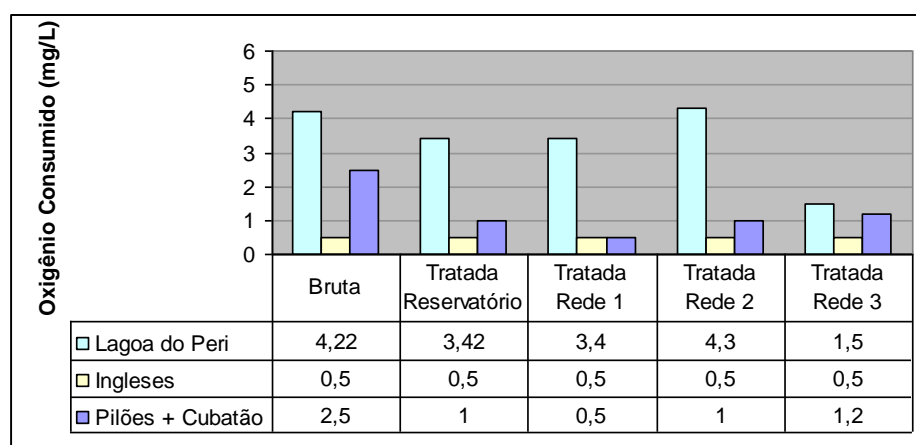
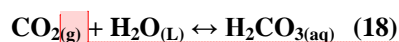


Figura 15: Média do mês de junho de 2006, das análises do OXIGÊNIO CONSUMIDO em H^+ (mg/L) em feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.8 GAS CARBONICO LIVRE

O gás carbônico livre ocorre na água sob a forma de um gás dissolvido, com propriedades de um ácido (ácido carbônico), muito instável e que pode ser facilmente eliminado pela ebulição ou aeração da água.⁴

Segue abaixo, a reação do gás carbônico com a água, formando o ácido carbônico:



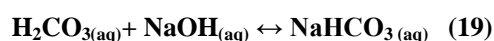
[V43] Comentário: adicionar

É um componente normal de todas as águas naturais. A presença de gás carbônico é devido à decomposição da matéria orgânica e a respiração de microrganismos. A presença de gás carbônico livre na água, causa a corrosão da rede de abastecimento. Principalmente dos materiais a base de cimento e é também prejudicial para os tubos de ferro fundido.⁴

O oxigênio dissolvido na água é agressivo em relação ao ferro, reagindo, dando: Fe (OH)₂ e Fe (OH)₃ hidróxido de ferro II e hidróxido de ferro III respectivamente.

Esses compostos formam um filme nas paredes das tubulações que servem de proteção às mesmas. O carbonato de cálcio (CaCO₃) existentes na água precipita nessa película, preenchendo os vazios do filme formando um verdadeiro cimento. Se a água contém CO₂ livre, irá não só dissolver o cimento como também reagirá com o Fe (OH)₂, formando o Fe (HCO₃)₂, bicarbonato de ferro II, que é solúvel em meio aquoso.⁴

A amostra de água foi titulada com NaOH, na presença do indicador fenolftaleína formando bicarbonato de sódio, apresentada na equação abaixo.



Na figura 16, as análises de gás carbônico livre da água dos poços dos Ingleses diferem bastante da água da Lagoa do Peri e dos rios Pilões e Cubatão devido a sua acidez. O teor de gás carbônico livre esta relacionada com o pH e a alcalinidade.

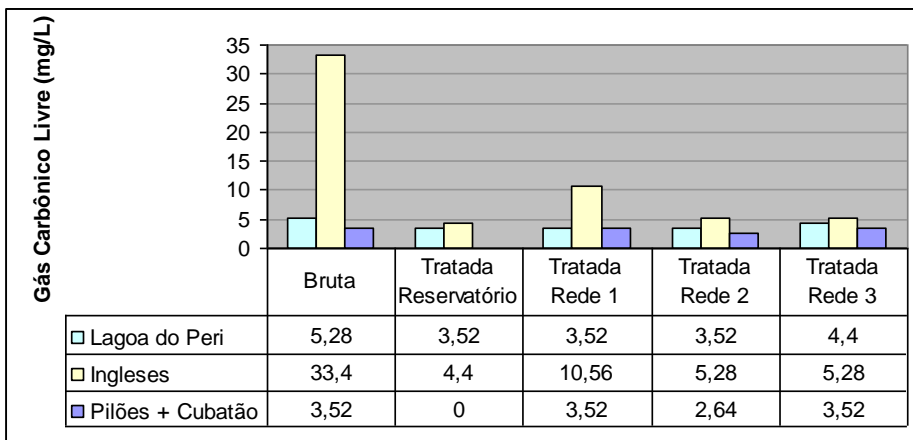


Figura 16: Média do mês de junho de 2006, das análises de GÁS CARBÔNICO LIVRE (mg/L), feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.9 DUREZA

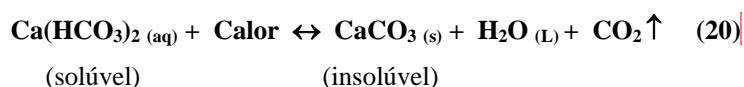
A dureza pode ser definida como a capacidade de uma água em consumir sabão. É devida à presença de cálcio e magnésio que reagem com sabão para formar sais insolúveis de ácidos graxos.⁴

Certos metais podem também ocasionar dureza na água, tais como: Alumínio, ferro, manganês, estrôncio e zinco. Entretanto os cátions presentes em maior concentração são cálcio e magnésio. ⁴

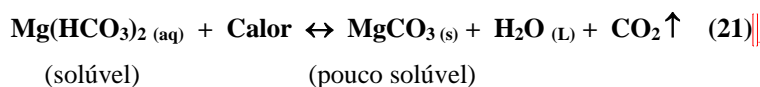
A dureza se classifica em:

- Dureza de carbonatos: é chamada de dureza temporária, é devida aos carbonatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio.
- Dureza de não carbonatos: é chamado de dureza permanente. É devido ao sulfato, cloreto e nitratos de cálcio e magnésio.

Reações da dureza temporária e permanente estão descritas abaixo:



[V44] Comentário: numeração na sequência correta



[V45] Comentário:

Águas com dureza até $75 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ são consideradas moles. De 75 a $150 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ são moderadamente duras e acima de $150 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ são duras.⁴

Foram tituladas as amostras de água com íons Ca^{2+} e Mg^{2+} com EDTA em $\text{pH} \approx 10$ para formar um cátion complexo solúvel e incolor, utilizando o negro de eriocromo T como indicador do ponto final da titulação.

[V46] Comentário: ?

[V47] Comentário: adicionar

O complexo de coloração vinho formado pelo indicador é menos estável do que o íon formado entre os íons e o EDTA. Logo a coloração passou de vinho para azul, que é a cor do negro de eriocromo T puro em meio alcalino.¹¹

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, recomenda que a dureza da água tratada deve ser de no máximo 500 mg L^{-1} de CaCO_3 .

Nas figuras 17, 18 e 19 as análises da dureza das águas brutas estão relacionadas com a geologia da região, porém após o tratamento da água com hidróxido de cálcio para elevar o pH, houve um aumento na dureza de cálcio e na dureza total.

[V48] Comentário: arrumar

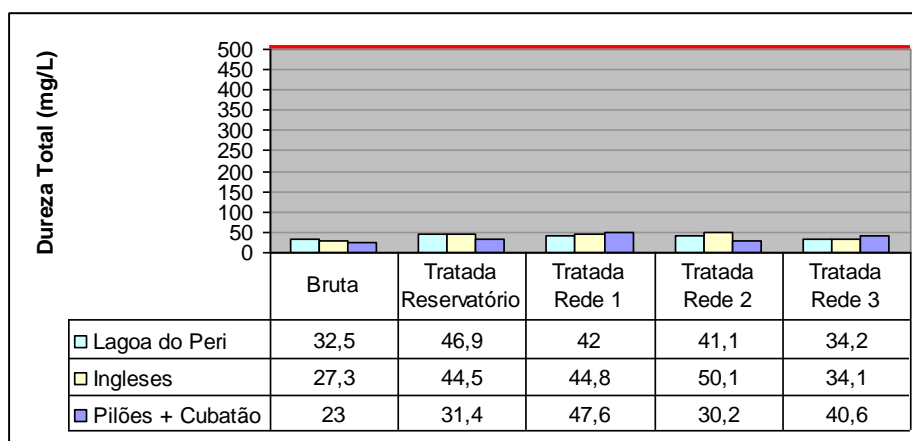


Figura 17: Média do mês de junho de 2006, das análises da DUREZA TOTAL (mg/L) em CaCO_3 , feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

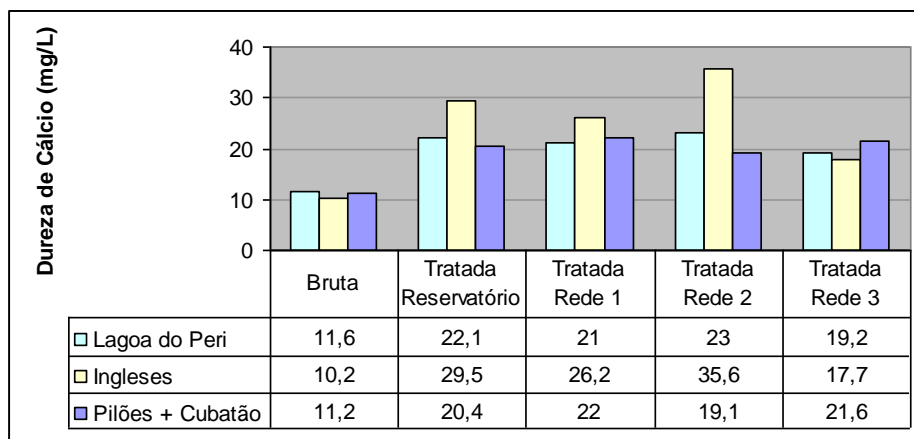


Figura 18: Média do mês de junho de 2006, das análises da DUREZA DE CÁLCIO (mg/L) em CaCO_3 feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

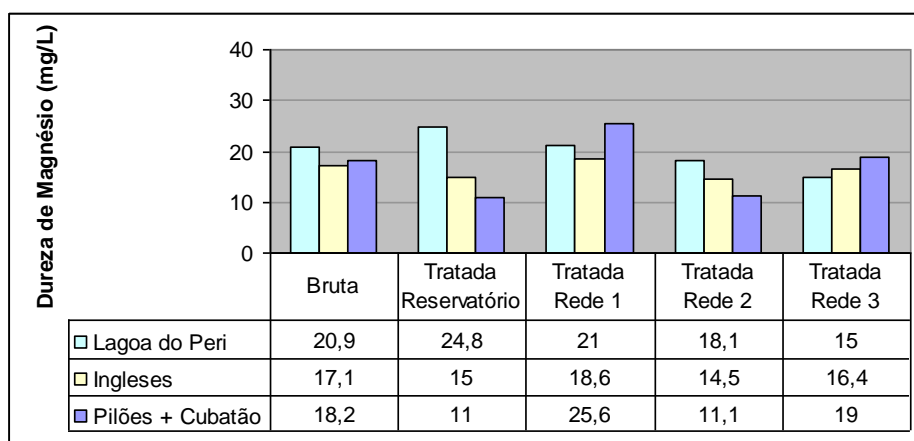
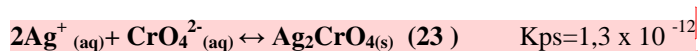
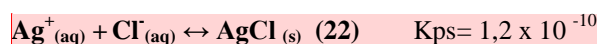


Figura 19: Média do mês de junho de 2006, das análises da DUREZA DE MAGNÉSIO (mg/L) em CaCO_3 feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.10 CLORETOS

Os cloretos ocorrem normalmente nas águas naturais em quantidades muito variáveis. Sua presença torna-se objetável quando acima de 250 mg L^{-1} .⁴

O método baseia-se na precipitação dos íons cloreto com nitrato de prata, sendo o ponto final determinado pela presença de cromato de potássio, o qual reage com excesso de prata, no final da titulação, formando um precipitado vermelho. O pH da solução esteve por volta de 7-8. Segue abaixo as equações químicas:⁴



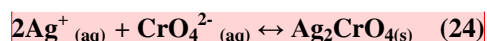
[V49] Comentário: adicionar o número das equações

Como podemos observar, o cloreto de prata precipitou primeiro, visto ter uma solubilidade (mol/L) menor que o cromato de prata.

[V50] Comentário: arrumar

Teremos então:

a) Cálculo $[\text{Ag}^+]$ no final da titulação:

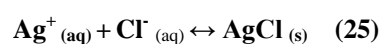


[V51] Comentário:

$$[\text{Ag}^+] = (K_{\text{ps}}/[\text{CrO}_4^{2-}])^{1/2}$$

b) Cálculo da $[\text{Ag}^+]$ no ponto de equivalência:

[V52] Comentário:



$$[\text{Ag}^+] = (K_{\text{ps}})^{1/2}$$

[V53] Comentário:

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 determina como 250 mg L⁻¹ o valor máximo permitido de cloretos para água tratada.

Na figura 20 notamos como os tratamentos da água não alteraram significativamente a quantidade de cloretos. A quantidade em cada tipo de água analisada está relacionada com os aspectos geológicos das determinadas regiões.

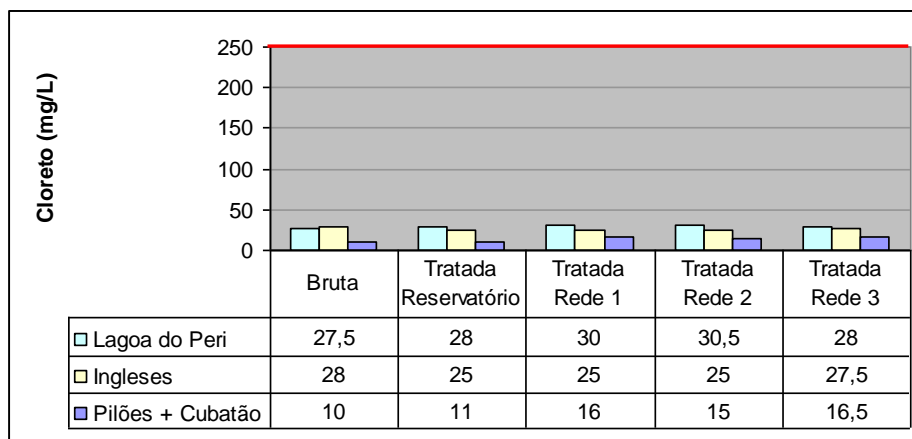


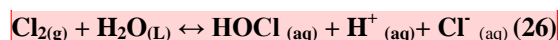
Figura 20: Média do mês de junho de 2006, das análises de CLORETO (mg/L) em Cl^- feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.11 CLORO RESIDUAL

Os processos utilizados para a medida de cloro residual, são todos baseados no seu poder oxidante e, portanto estão sujeitas as ações interferentes daqueles outros agentes oxidantes que se acharem presentes na amostra de água. ⁴

O chamado cloro residual é o cloro adicionado em excesso na água, responsável pelo combate, se houver, de qualquer contaminação da água na rede ou nos reservatórios.

O cloro residual apresenta-se como cloro livre disponível (ácido hipocloroso ou íon hipoclorito) ou como cloro combinado disponível (cloroaminas e outros compostos de cloro). Segue abaixo a reação do cloro com a água, formando ácidos hipocloroso e clorídrico.



[V54] Comentário:

O processo colorimétrico da ortotolidina é bastante usado como processo de rotina na ETA.

A ortotolidina é oxidada em solução ácida, pelo cloro e cloroaminas, produzindo um composto corado de amarelo proporcional à quantidade de cloro presente. A reação com cloro livre é instantânea, sendo porém, mais lenta com os compostos de cloro.

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 determina que após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, sendo obrigatória a

manutenção de, no mínimo, $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ em qualquer ponto da rede de distribuição e o valor máximo de cloro para água tratada é de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$.

Na figura 21 na análise de cloro na água tratada dos rios Pilões e Cubatão na saída do reservatório encontram um valor mais alto, porém menor que o valor máximo permitido estabelecido, que é de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ para água destinada ao consumo humano, para que chegue nas residências com uma concentração que obedeça aos limites estabelecidos pela legislação pertinente.

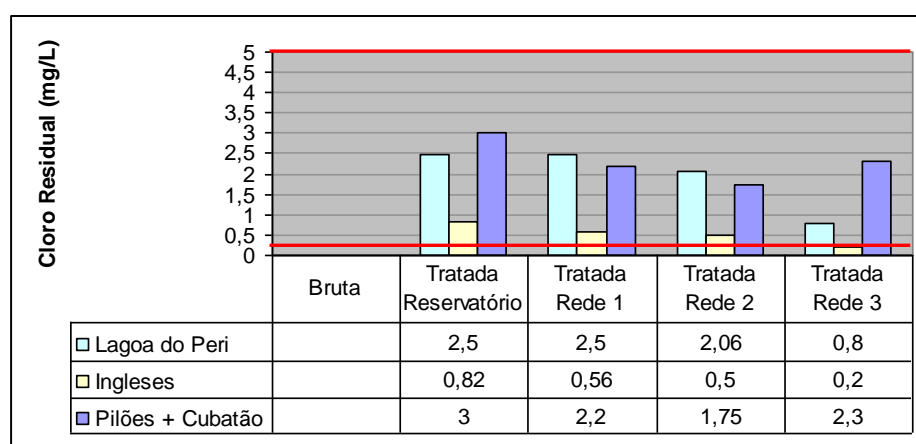
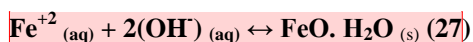


Figura 21: Média do mês de junho de 2006, das análises de CLORO RESIDUAL (mg/L) feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

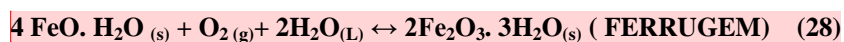
6.12 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio na água é proveniente de duas fontes: a fotossíntese e a aeração. A fotossíntese consiste no desdobramento do CO_2 em carbono e oxigênio pelas plantas clorofiladas, em presença da luz solar, difusa ou direta. Pela aeração, o ar atmosférico difunde-se na água, aumentando conseqüentemente seu teor de oxigênio. Águas oxigenadas são agradáveis ao paladar e a desoxigenação ocorre em águas altamente poluídas. O oxigênio presente nas águas é o principal agente de corrosão das canalizações de ferro e de outros metais, corrosão que pode ocorrer em pH variando de 5,0 a 9,2, sendo que o pH baixo acelera a ação corrosiva e o pH alto a retarda, mas não inibe.⁴

Seguem abaixo as equações químicas para a formação da ferrugem:



[V55] Comentário:



[V56] Comentário:

A solubilidade do oxigênio na água varia com a temperatura, pressão atmosférica e a presença de sais minerais.

Na figura 22 as análises de oxigênio dissolvido da água bruta são determinadas para controle de poluição e também para evitar a corrosão das tubulações.

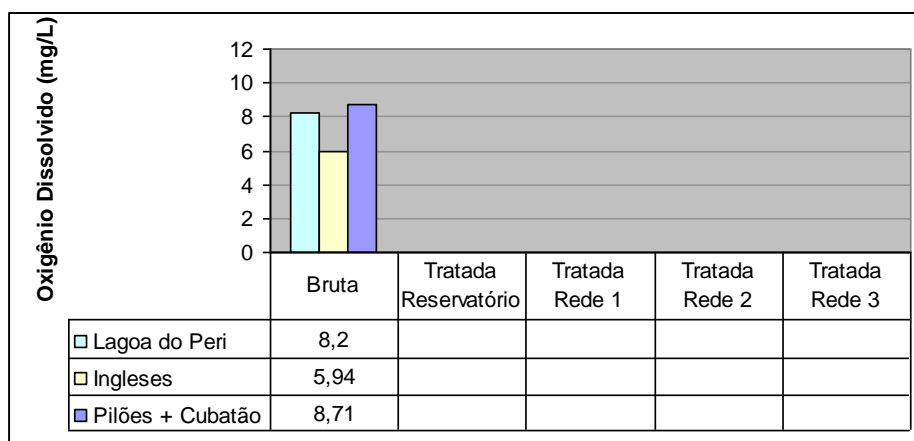


Figura 22: Média do mês de junho de 2006, das análises de OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L) em O₂ feita na ETA de Cubatão, da água bruta de lagoa, poços e rios.

6.13 FERRO TOTAL

O ferro é um componente comum nas águas superficiais e de profundidade, pode estar presente na água sob duas formas:

- Fe^{2+} , são mais solúveis, podem ser encontrados nas águas naturais. Quando a alcalinidade da água é muito alta, o Fe^{2+} passa a $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (hidróxido de ferro II) e oxidado pelo oxigênio dissolvido, passa a $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (insolúvel).

- Fe^{3+} , dificilmente se encontra solubilizado em águas naturais, a não ser em águas muito ácidas, porque ocorre a formação do $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (insolúvel).

[V57] Comentário:

O reagente utilizado para determinação do ferro, chamado “Ferro Ver” reage com todo ferro solúvel presente na amostra de água, para produzir ferro ferroso solúvel. O composto ortofenantrolina, presente no reagente, desenvolve uma coloração alaranjada na amostra de água, cuja intensidade é proporcional à concentração de ferro.

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 determina que o valor máximo de ferro na água tratada seja de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$.

Na figura 23 as análises de ferro das águas brutas estão relacionadas com a geologia da região, porém, os valores de ferro presentes na água tratada estão relacionados com o tipo de tratamento utilizado, se na coagulação foi utilizado produto químico contendo ferro. As análises de ferro nas águas da rede de distribuição são feitas apenas para controle dos limites impostos pela legislação.

[V58] Comentário:

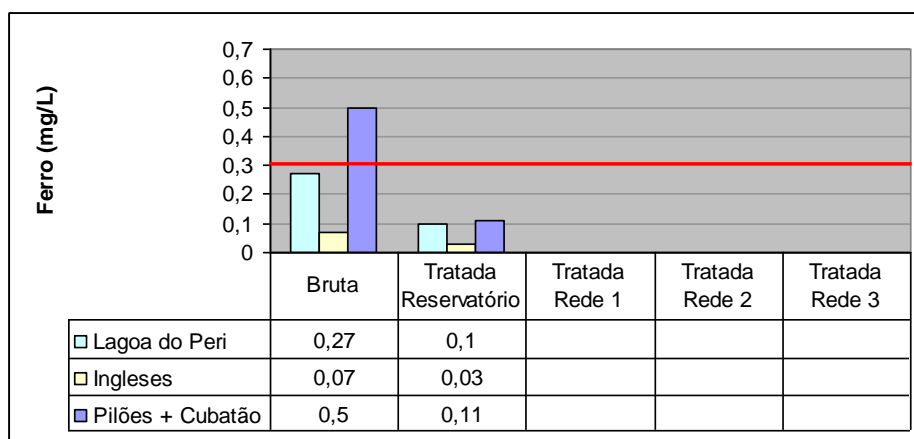


Figura 23: Média do mês de junho de 2006, das análises de FERRO (mg/L) feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.14 ALUMÍNIO RESIDUAL

O alumínio aparece nas águas naturais em teores variáveis. Quantitativamente é determinado sob a forma de óxido.⁴

O alumínio residual, remanescente da clarificação das águas, com sulfato de alumínio foi determinado pelo método da hematoxilina.

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 recomenda que o valor máximo de alumínio na água tratada seja de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$.

Na figura 24 as análises de alumínio das águas brutas estão relacionadas com a geologia da região, porém os valores de alumínio presentes na água tratada estão relacionados com o tipo de tratamento utilizado.

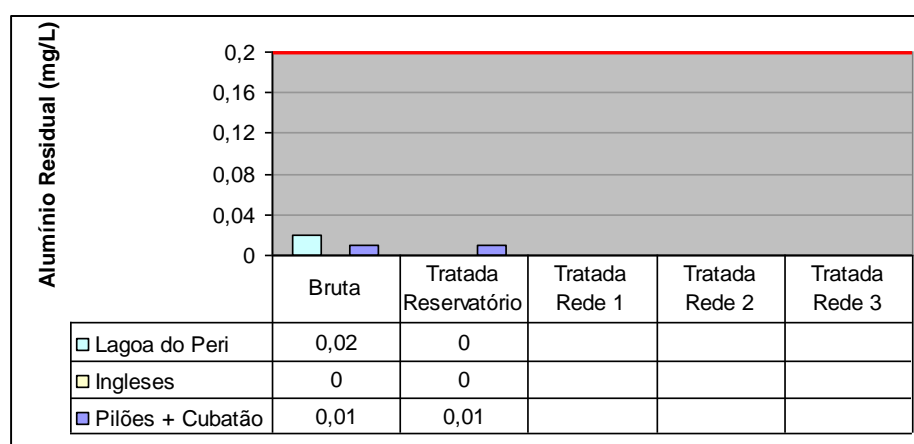


Figura 24: Média do mês de junho de 2006, das análises de ALUMÍNIO RESIDUAL (mg/L) em Alumina, feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

6.15 FLÚOR

Por muitos anos, a análise de flúor na água não foi considerada importante, somente quando se relacionou o teor de flúor com a saúde dos dentes iniciou-se a prática da fluoretação, adição de flúor na água. ⁴

Foi utilizado para quantificar o íon fluoreto o reagente “SPADNS”, solução de arsenito de sódio 0,1% em meio ácido. Este reagente quando adicionado à água forma uma solução de coloração vermelha, após um certo tempo, o íon fluoreto reage com parte do arsenito formando um composto incolor, descorando a cor vermelha, numa quantidade proporcional à concentração de íon fluoreto.

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 determina que o valor máximo de íons fluoreto para águas potáveis é de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$.

Na Figura 25, as análises de flúor da água tratada na saída do reservatório tem valores elevados, para que chegue nas residências com um valor que obedeça aos limites estabelecidos pela legislação. Na água tratada dos poços dos Ingleses observa-se uma desconformidade em relação ao parâmetro flúor, a normalidade momentânea de funcionamento do dosador de flúor e tão logo quando detectada foram feitos os ajustes necessários na operação de dosagem.

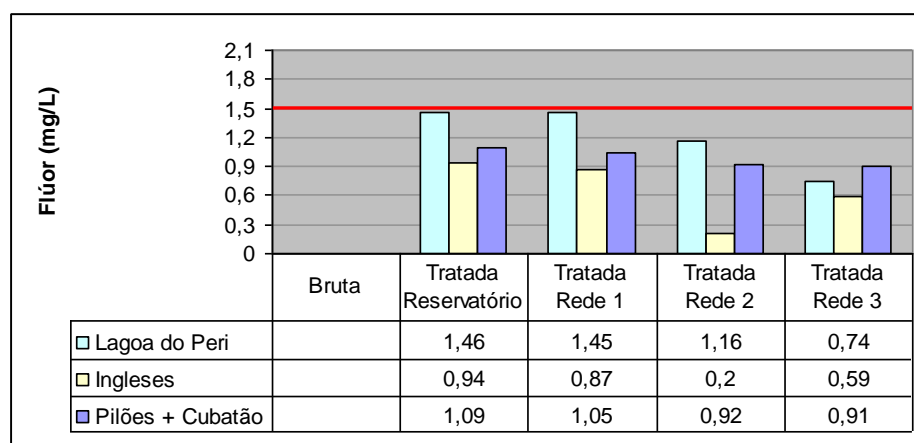


Figura 25: Média do mês de junho de 2006, das análises de FLÚOR (mg/L) feita na ETA de Cubatão, da água tratada de lagoa, poços e rios.

6.16 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As bactérias do grupo coliforme constituem o indicador de contaminação fecal mais utilizado em todo o mundo, sendo empregadas como parâmetro bacteriológico básico na definição de padrões para monitoramento da qualidade das águas destinadas ao consumo humano, bem como para caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral.¹²

A Portaria 518, 25 de março de 2004, recomenda a ausência em 100mL de água para o consumo humano de *Escherichia Coli* e Coliformes Totais, na saída do tratamento. A água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e redes), ausência em 100mL de

Escherichia Coli e sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês, ausência de Coliformes Totais em 100mL em 95% das amostras examinadas no mês.⁸

As análises microbiológicas da água estão relacionadas com o teor de cloro presentes nas amostras. Na água bruta não tem presença de cloro, portanto os resultados expostos na tabela 4 mostraram a presença de coliformes totais e fecais e também colônias de bactérias heterotróficas na água dos rios Pilões e Cubatão.

Tabela 4: Média do mês de junho de 2006, da análise MICROBIOLÓGICA em 100 mL de amostra de água, feita na ETA de Cubatão, da água bruta e tratada de lagoa, poços e rios.

TIPOS DE ÁGUA E LOCALIDADES	COLIFORMES TOTAIS	COLIFORMES FECAIS	BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS
Bruta dos rios Pilões e Cubatão	2419,2	547,5	480,0
Tratada da Lagoa do Peri	Ausência	Ausência	0
Tratada dos Ingleses	Ausência	Ausência	0
Tratada dos rios Pilões e Cubatão	Ausência	Ausência	0

7 CONCLUSÃO

As características físicas e químicas da água dependem muito da geologia da região em que são captadas. Nas águas subterrâneas citadas neste trabalho ficou evidente que esse tipo de água apresenta boas características físico químicas e microbiológicas, fazendo com que seu tratamento não seja muito complexo. As águas dos rios Pilões e Cubatão são águas superficiais, nem sempre apresentaram boas características devido ao contato com alguns poluentes, como resíduos da agricultura e decomposição de plantas que os cercam. A Lagoa do Peri também é um tipo de água superficial e suas características estavam relacionadas com a geologia da região e a proliferação de algas.

Tendo em vista os resultados obtidos com as análises físico-químicas e microbiológica das águas da Lagoa do Peri, dos Ingleses e dos rios Pilões e Cubatão que abastecem a população de Florianópolis, conclui-se que se encontram dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, apenas em alguns pontos da rede de distribuição a concentração de flúor esteve um pouco abaixo da legislação pertinente.

8 BIBLIOGRAFIA

1- CASAN. **Companhia Catarinense de Água e Saneamento**. Disponível em:

<[http:// www.casan.com.br](http://www.casan.com.br)>. Acesso em 01 julho 2006.

2- CASAN, **Apostila para Operadores de ETA**.

3-NETO, J. M. e A.; et. Al. **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água**, v. 1, 2.ed.; São Paulo: CETESB/ ASCETESB, 1973.

4-CETESB, **Operação e Manutenção de ETA**, v.1 e 2 ed.; São Paulo, 1973.

5-SABIO. **Ciclo da água**. Disponível em:

<[http:// www.geocities.com/~esabio/agua/agua2.htm](http://www.geocities.com/~esabio/agua/agua2.htm) >. Acesso em 01 julho 2006.

6- MEIO AMBIENTE. **Química da água subterrânea**. Disponível em:

<<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/quimica.htm>>. Acesso em 26 junho 2006.

7-DI BERNARDO, Luiz **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**, v. 1, Rio de Janeiro: ABES, 1993.

8-COSTA, Humberto, Portaria n. 518 de 25 de março de 2004 do **Ministério da Saúde**.

9-VOGEL, Arthur I., **Análise Química Quantitativa**, 5. ed, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1989.

10-BACCAN, N., et. Al. **Química Analítica Quantitativa Elementar** 3. ed., São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

11-Relatórios da CIDASC referente ao ano 1992.

12-STANDARD METHODS, **For the Examination of water and wastewater**, 1992